

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ОХЛАЖДЕНИЯ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ПОЛУФАБРИКАТОВ ИЗ ТИТАНОВОГО СПЛАВА VST5553

Желнина А.В.

*Руководитель – доцент, к.т.н. Илларионов А.Г., Савватеева Г.В. *,
Калиенко М.С. **

УРФУ, Екатеринбург

*ОАО «Корпорация ВСМПО-АВИСМА», Верхняя Салда

Исследуемый в работе ($\alpha + \beta$) – переходный титановый сплав VST5553 используются в качестве материала ответственных деталей конструкции планера и обладает повышенным уровнем прочности и сопротивления усталости. Комплекс свойств сплава VST5553 во многом определяется скоростью охлаждения при высокотемпературной обработке, которая в большинстве случаев может сильно варьироваться (в десятки раз) по сечению крупногабаритных полуфабрикатов. Однако исследований в данном направлении проведено недостаточно и рассмотрению этого вопроса посвящена настоящая работа.

Работа была проведена на образцах из горячекатаного прутка сплава VST5553, предоставленных ОАО «Корпорация ВСМПО-АВИСМА». Образцы для исследования термообработывали по следующим режимам: 1-я ступень - высокотемпературный нагрев в ($\alpha + \beta$) - области до $T_{\text{пл}} - 30^\circ\text{C}$ (811°C), охлаждение со скоростями в интервале $44,4 \dots 1^\circ\text{C}/\text{мин}$, затем проводилось старение при температуре 580°C в течение 8 часов и охлаждение на воздухе, либо 1-я ступень была завершающим этапом.

Анализ микроструктуры с помощью оптического микроскопа OLYMPUS GX71 показал, что после всех режимов термообработки наблюдается выделения первичной α – фазы глобулярного строения с небольшим количеством α – фазы тяготеющей к овальной форме в теле β – зерна, участки фрагментированной оторочки α – фазы по границам β – зерна и, за исключением охлаждения на воздухе, фиксируется мелкодисперсный распад в β – матрице, выявляемый более сильным травлением. При уменьшении скорости охлаждения до $1^\circ\text{C}/\text{мин}$ увеличивается степень распада β – фазы и наблюдается некоторое увеличение размера глобулей α – фазы с 1,5 до 2,0 мкм. Проведение старения активизирует процессы распада, приводя к ещё более сильной травимости β – матрицы.

Исследование методом растровой электронной микроскопии на приборе "JSM6490LV" показало, что исходное β - зерно имеет вытянутую форму относительно направления прокатки (текстура прокатки), внутри исходного β – зерна наблюдается субструктура с субзёрнами неравноосной формы (рис. 1 б). Первичная α – фаза, находящаяся в теле β – зерна, в ряде

случаев тяготеет к границам субзёрен и имеет вид тонких раздробленных прослоек. Вторичная α – фаза характеризуется тонкопластинчатым строением и с уменьшением скорости охлаждения наблюдается укрупнение вторичных выделений (рис. 1 а).

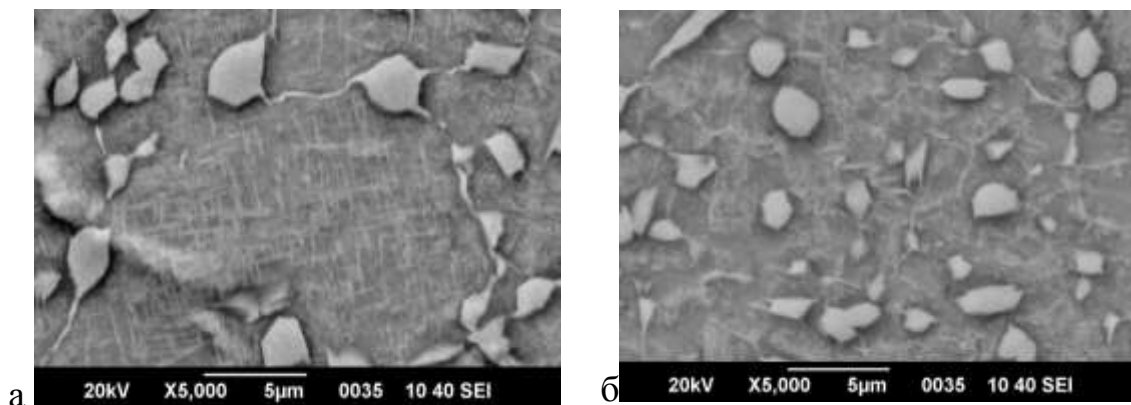


Рисунок 1 Структура сплава VST 5553 после охлаждения в различных условиях: а - в двойном асбестовом полотне (10,8 °С/мин), б - в песке (16,3 °С/мин)

Исследование методом рентгеноструктурного фазового анализа, проведенное на дифрактометре BRUKER D8 ADVANCE, показало, что с уменьшением скорости охлаждения количество α – фазы в структуре увеличивается от 12 до 48 %. Немонотонный характер зависимости наблюдается при скорости охлаждения 17,6 °С/мин, что может быть связано со сменой механизма распада с промежуточного на диффузионный. После старения, согласно данных количественного фазового анализа, фиксируется приблизительно постоянная объёмная доля α – и β – фаз в соотношении 70 на 30 % после всех режимов термической обработки.

Электронно - микроскопическое исследование образцов, проведенное на приборе "JEM-200С", показало, что после охлаждения на воздухе в теле β – зерна фиксируются тонкие выделения низкотемпературной α – фазы со сложной дислокационной структурой и наличием дефектов упаковки. О нестабильности β – фазы к процессам распада свидетельствует характерный твидовый контраст, наблюдаемый в β – матрице. После старения за счёт распада тонкие пластины вторичной α – фазы образуют колонии, которые располагаются преимущественно в центре β – зерна и частично прослеживается рост пластин α – фазы от границ. Структура вторичной α – фазы имеет сложное дислокационное строение.

Анализ механических свойств показал, что зависимость механических свойств носит нелинейный характер (рис. 2). При уменьшении скорости охлаждения от 44,4 до 10,8 °С/мин после обработки

без старения прочностные характеристики увеличиваются, при том характеристики пластичности понижаются (рис. 2 а, б). Можно сделать вывод, что повышение прочностных характеристик связано с увеличением степени распада в β – матрице, при уменьшении скорости охлаждения. Дальнейшее уменьшение скорости охлаждения до 1 °С/мин приводит к понижению показателей прочности и повышению показателей пластичности. Очевидно, это связано с преимущественным распадом β – фазы за счёт движения межфазной α/β – границы, что приводит к увеличению размера глобул первичной α – фазы и обуславливает снижение прочностных характеристик.

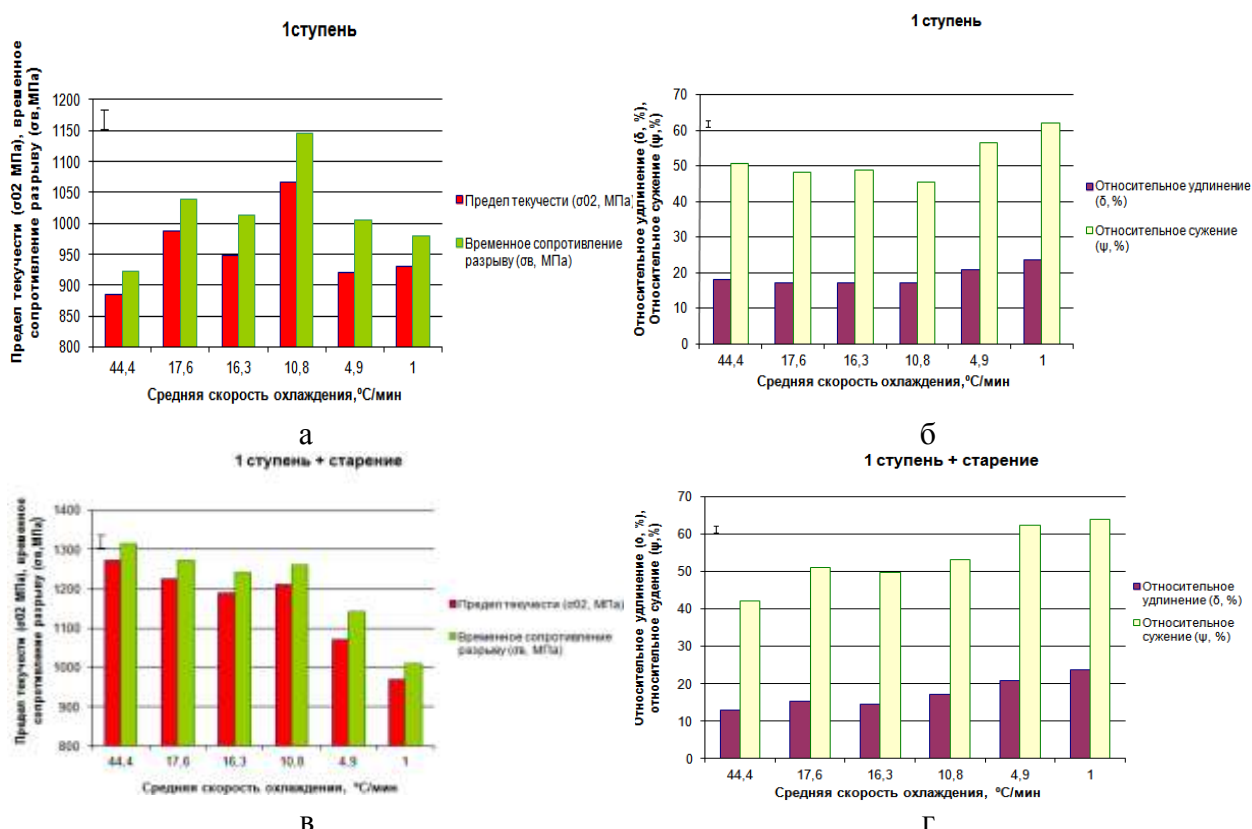


Рисунок 2 Изменение прочностных (а, в), пластических (б, г) характеристик в зависимости от скорости охлаждения после нагрева в ($\alpha + \beta$) – область: а, б – 1-я ступень, в, г – 1-я ступень + старение

В состаренном состоянии с уменьшением скорости охлаждения от 44,4 до 10,8 °С/мин прочностные характеристики практически не изменяются, в то время как показатели пластичности увеличиваются. Приблизительно равный уровень прочности обусловлен близкой степенью распада в β – фазе. Увеличение размера глобул первичной α – фазы привело к повышению пластических характеристик. При дальнейшем понижении скоростей охлаждения до 1 °С/мин наблюдается снижение прочностных и повышение пластических характеристик в результате снижения объёмной доли продуктов распада в ходе старения. Уменьшение

скорости охлаждения от 44,4 до 1 °С/мин приводит к увеличению значений ударной вязкости (КСУ) от 0,27 до 0,69 МДж/м².

Таким образом, полученные в ходе работы результаты показывают, что в крупногабаритном полуфабрикате из сплава VST5553 за счёт изменения скорости охлаждения по сечению при высокотемпературной обработке окончательный комплекс свойств в термоупрочнённом состоянии может существенно различаться (прочностных в 1,2 - 1,3 раза, пластических и вязкостных до 2 и более раз), что необходимо учитывать в расчетах нагрузок в крупногабаритных изделиях.